

(19)日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-168385

(P2001-168385A)

(43)公開日 平成13年6月22日(2001.6.22)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 01 L 33/00  
H 01 S 5/323

識別記号

F I  
H 01 L 33/00  
H 01 S 5/323チマコト<sup>7</sup> (参考)  
C 5 F 0 4 1  
5 F 0 7 3(21)出願番号 特願平11-346445  
(22)出願日 平成11年12月6日(1999.12.6)

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 6 頁)

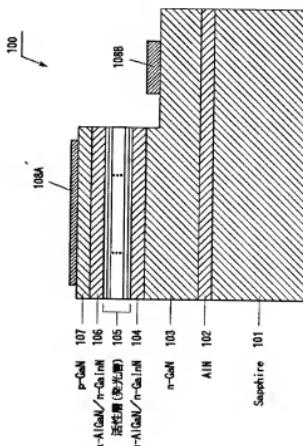
(71)出願人 000241463  
豊田合成株式会社  
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
番地  
(72)発明者 小池 正好  
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
番地 豊田合成株式会社内  
山崎 史郎  
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
番地 豊田合成株式会社内  
(74)代理人 100087723  
弁理士 藤谷 修

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 III族窒化物系化合物半導体素子及びIII族窒化物系化合物半導体発光素子

## (57)【要約】

【課題】弾性定数を低くしたクラッド層を有するIII族窒化物半導体発光素子を提供すること。

【解決手段】クラッド層を、50nm厚のAl<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nと20nm厚のGa<sub>0.99</sub>In<sub>0.01</sub>Nとを各々20層積層した多層構造とした。約1.4μmのクラッド層は、多層構造のため弾性定数が低い。また、レーザダイオードにおいて、ガイド層など、窒化アルミニウムガリウム(Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N, 0<x<1)のバンドギャップが必要とされる他の層を窒化アルミニウムガリウム(Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N, 0<x<1)と窒化ガリウムインジウム(Ga<sub>y</sub>In<sub>1-y</sub>N, 0<y<1)との多層構造とすることも有用である。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 III族窒化物系化合物半導体素子において、 $Al_xGa_{1-x}N$  ( $0 < x < 1$ ) と、 $Ga_yIn_{1-y}N$  ( $0 < y < 1$ ) を各々3層以上有することを特徴とするIII族窒化物系化合物半導体素子。

【請求項2】 前記 $Ga_yIn_{1-y}N$  ( $0 < y < 1$ ) から成る層の厚さは15nm以上30nm以下であることを特徴とする請求項1に記載のIII族窒化物系化合物半導体素子。

【請求項3】 請求項1又は請求項2に記載のIII族窒化物系化合物半導体素子を発光素子としたことを特徴とするIII族窒化物系化合物半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、III族窒化物系化合物半導体素子に関する。本発明は発光ダイオード(LED)やレーザダイオード(LD)等の発光素子として機能するIII族窒化物系化合物半導体素子特に有用である。尚、III族窒化物系化合物半導体とは、例えば $AlN$ 、 $GaN$ 、 $InN$ のような2元系、 $Al_xGa_{1-x}N$ 、 $Al_xIn_{1-x}N$ 、 $Ga_xIn_{1-x-y}N$  ( $0 < x < 1$ ) のようないすれも3元系、 $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$  ( $0 < x < 1$ 、 $0 < y < 1$ 、 $0 < x+y < 1$ ) の4元系を包括した一般式 $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$  ( $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq x+y \leq 1$ ) で表されるものがある。なお、本明細書においては、特に断らない限り、單にIII族窒化物系化合物半導体と言う場合は、伝導型をp型あるいはn型にするための不純物がドープされたIII族窒化物系化合物半導体をも含んだ表現とする。

## 【0002】

【從来の技術】 III族窒化物系化合物半導体は、発光スペクトルが紫外から赤色の広範囲に渡る直接遷移型の半導体であり、発光ダイオード(LED)やレーザダイオード(LD)等の発光素子に応用されている。このIII族窒化物系化合物半導体では、通常、サファイアを基板として用い、その上に形成している。この際、いわゆるクラッド層を設け、負極からの電子と、正極からの正孔が発光層で対を生成するようしている。III族窒化物系化合物半導体発光素子において、クラッド層としてはアルミニウム(Al)を含む $Al_xGa_{1-x}N$  ( $0 < x < 1$ ) を用いることが一般的である。

【0003】 図3に從来のIII族窒化物系化合物半導体発光素子の一例として発光ダイオード(LED)900の構造を示す。発光ダイオード(LED)900は、サファイア基板901を有しており、そのサファイア基板901上にAlNバッファ層902が形成されている。

【0004】 そのバッファ層902の上には、順に、シリコン(Si)ドープ $GaN$ から成るn層903、シリコン(Si)ドープ $Al_xGa_{1-x}N$ から成るnクラッド層904、 $Ga_yIn_{1-y}N$ から成る井戸層と $GaN$ から成るバリア層とが交互に積層された多重量子井戸構造(MQW)の活性層905が形

成されている。そして、その活性層905の上に、マグネシウム(Mg)ドープ $Al_xGa_{1-x}N$ から成るpクラッド層906、マグネシウム(Mg)ドープ $GaN$ から成るpコンタクト層907が形成されている。そして、pコンタクト層907上に電極908Aが形成されている。又、n層903上には電極908Bが形成されている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記従来技術では、厚い $Al_xGa_{1-x}N$  ( $0 < x < 1$ ) から成るn及びpクラッド層の弾性定数が高いため、n及びpクラッド層にクラックが発生しやすく、このため素子特性が良くないという問題がある。

【0006】 よって本発明は、弾性定数を低くして厚い $Al_xGa_{1-x}N$  ( $0 < x < 1$ ) 層の素子としての機能を低下させないIII族窒化物系化合物半導体素子及びIII族窒化物系化合物半導体発光素子を提供することを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 上記の課題を解決するため請求項1に記載の手段によれば、III族窒化物系化合物半導体素子において、 $Al_xGa_{1-x}N$  ( $0 < x < 1$ ) と、 $Ga_yIn_{1-y}N$  ( $0 < y < 1$ ) を各々3層以上有することを特徴とする。

【0008】 また、請求項2に記載の手段によれば、請求項1に記載のIII族窒化物系化合物半導体素子において、 $Ga_yIn_{1-y}N$  ( $0 < y < 1$ ) から成る層の厚さは15nm以上30nm以下であることを特徴とする。

【0009】 また、請求項3に記載の手段によれば、請求項1又は請求項2に記載のIII族窒化物系化合物半導体素子を発光素子としたIII族窒化物系化合物半導体発光素子である。

## 【0010】

【作用及び発明の効果】 III族窒化物系化合物半導体素子において、広いバンドギャップを要求される層には $Al_xGa_{1-x}N$  ( $0 < x < 1$ ) が求められる。そこで $Al_xGa_{1-x}N$  ( $0 < x < 1$ ) と $Ga_yIn_{1-y}N$  ( $0 < y < 1$ ) の多層構造を形成すれば、 $Al_xGa_{1-x}N$  ( $0 < x < 1$ ) の広いバンドギャップを有し、且つ全層として弾性定数を小さい層とすることができる。よって、製造時、使用時の温度変化等によるクラックの発生を抑えることができる(請求項1)。これは $Al_xGa_{1-x}N$  ( $0 < x < 1$ ) のアルミニウム組成xの高い層において特に顕著であり、複数の $Al_xGa_{1-x}N$  ( $0 < x < 1$ ) 層を形成することで、III族窒化物系化合物半導体素子全体の特性設計、特に発光層の設計( $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ の組成)をより柔軟に行うことができる。

【0011】  $Ga_yIn_{1-y}N$  ( $0 < y < 1$ ) から成る層の厚さを15nm以上30nm以下とすることにより、広いバンドギャップを要求される層としての機能を維持するとともにクラックの発生をほぼ完全に抑えることができる(請求項2)。なお、15nm未溝の厚さでは、 $Ga_yIn_{1-y}N$  ( $0 < y < 1$ ) から成る層による、 $Al_xGa_{1-x}N$  ( $0 < x < 1$ ) 層との多

層の弾性定数の低減の効果が十分でなく、30nmを超えると広いバンドギャップを要求される層としての機能が低下してしまう。このような素子はレーザダイオード、発光ダイオードなどの発光素子として有用である（請求項3）。

### 【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。なお、本発明は下記実施例に限定されるものではない。

【0013】【第1実施例】図1は、本発明の具体的な第1の実施例に係る発光ダイオード(LED)100の構造を示す。発光ダイオード(LED)100は、サファイア基板101を有しており、そのサファイア基板101上に膜厚50nmのAlNバッファ層102が形成されている。

【0014】そのバッファ層102の上には、順に、膜厚約4.0μm、シリコン(Si)濃度5×10<sup>18</sup>/cm<sup>3</sup>、シリコン(Si)ドープGaNから成るn層103が形成されている。n層103の上には総膜厚約1.4μmの多層構造から成るnクラッド層104が形成されている。nクラッド層104は、シリコン(Si)濃度5×10<sup>18</sup>/cm<sup>3</sup>、膜厚50nmのシリコン(Si)ドープAl<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N層を20層、シリコン(Si)濃度5×10<sup>18</sup>/cm<sup>3</sup>、膜厚20nmのシリコン(Si)ドープGaNからなるn層103を形成する。

【0015】多層構造からなるnクラッド層104の上には、膜厚約3nmのGa<sub>0.98</sub>In<sub>0.02</sub>Nから成る井戸層と膜厚約5nmのAl<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>Nから成るバリア層とが交互に積層された多重量子井戸構造(MQW)の発光層105が形成されている。井戸層は4層、バリア層は3層である。多重量子井戸構造(MQW)の発光層105の上には、総膜厚約1.4μmの多層構造から成るpクラッド層106が形成されている。pクラッド層106は、マグネシウム(Mg)濃度7×10<sup>19</sup>/cm<sup>3</sup>、膜厚50nmのマグネシウム(Mg)ドープAl<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N層を20層、マグネシウム(Mg)濃度7×10<sup>19</sup>/cm<sup>3</sup>、膜厚20nmのマグネシウム(Mg)ドープGa<sub>0.99</sub>In<sub>0.01</sub>N層を19層、交互に積層したものである。多層構造から成るpクラッド層106の上には、膜厚200nm、マグネシウム(Mg)濃度1×10<sup>20</sup>/cm<sup>3</sup>、マグネシウム(Mg)ドープGaNから成るpコンタクト層107が形成されている。そして、pコンタクト層107上にn電極108Aが形成されている。又、n層103上にはAlから成る電極108Bが形成されている。

【0016】次に、この構造の発光ダイオードの製造方法について説明する。上記発光素子100は、有機金属化合物気相成長法（以下「MOVPE」と示す）による気相成長により製造された。用いられたガスは、NH<sub>3</sub>とキャリアガスH<sub>2</sub>又はN<sub>2</sub>とトリメチルガリウム(Ga(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、以下「TMG」と記す）とトリメチルアルミニウム(Al(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、以下「TMAl」と記す）とトリメチルインジウム(In(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、以下「TMI」と記す）とシリコン(SiH<sub>4</sub>)とシクロ

ベンタジエニルマグネシウム(Mg(C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>、以下「CP<sub>2</sub>Mg」と記す）である。

【0017】まず、有機洗浄及び熱処理により洗浄したa面を正面とし、單結晶のサファイア基板1をMOVPE装置の反応室に載置されたサセプトに装着する。次に、常圧でH<sub>2</sub>を流速10L/minで約30分反応室に流しながら温度100°Cでサファイア基板101をベーリングした。

【0018】次に、温度を400°Cまで低下させて、H<sub>2</sub>を10L/min、NH<sub>3</sub>を10L/min、TMAを20μmol/minで約90秒間供給してAlNのバッファ層102を約50nmの厚さに形成した。次に、サファイア基板101の温度を1150°Cに保持し、H<sub>2</sub>を10L/min、NH<sub>3</sub>を10L/min、TMGを200μmol/min、H<sub>2</sub>ガスにて0.86ppmに希釈されたシリコン(SiH<sub>4</sub>)を20nmol/minで導入し、膜厚約4.0μm、シリコン(Si)濃度5×10<sup>18</sup>/cm<sup>3</sup>、シリコン(Si)ドープGaNからなるn層103を形成した。

【0019】上記のn層103を形成した後、N<sub>2</sub>又はH<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>、TMA、TMG及びシリコン(SiH<sub>4</sub>)を供給して、膜厚約50nmのAl<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nから成る層を形成した。次に、N<sub>2</sub>又はH<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>、TMG、TMI及びシリコン(SiH<sub>4</sub>)を供給して、膜厚約20nmのGa<sub>0.99</sub>In<sub>0.01</sub>Nから成る層を形成した。これを同一条件で各々20層及び19層積層し、総膜厚約1.4μmの多層構造のnクラッド層104を形成した。

【0020】次に、N<sub>2</sub>又はH<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>、TMGを供給して、膜厚約3nmのGa<sub>0.99</sub>In<sub>0.01</sub>Nから成る井戸層を形成した。次に、N<sub>2</sub>又はH<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>、TMA及びTMAを供給して、膜厚約5nmのAl<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>Nから成るバリア層を形成した。さらに、井戸層とバリア層とを同一条件で形成し、最後に膜厚約3nmのGa<sub>0.99</sub>In<sub>0.01</sub>Nから成る井戸層を形成した。このようにして井戸層4層、バリア層3層から成るMQW構造の発光層105を形成した。

【0021】次に、N<sub>2</sub>又はH<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>、TMA、TMG及びCP<sub>2</sub>Mgを供給して、膜厚約50nmのAl<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nから成る層を形成した。次に、N<sub>2</sub>又はH<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>、TMG、TMI及びCP<sub>2</sub>Mgを供給して、膜厚約20nmのGa<sub>0.99</sub>In<sub>0.01</sub>Nから成る層を形成した。これを同一条件で各々20層及び19層積層し、総膜厚約1.4μmの多層構造のpクラッド層106を形成した。

【0022】次に、温度を1100°Cに保持し、N<sub>2</sub>又はH<sub>2</sub>を10L/min、NH<sub>3</sub>を10L/min、TMCを50μmol/min、CP<sub>2</sub>Mgを0.15μmol/minで導入して、マグネシウム(Mg)が1×10<sup>20</sup>/cm<sup>3</sup>ドーピングされた、膜厚約200nmのマグネシウム(Mg)ドープのGaNからなるpコンタクト層107を形成した。

【0023】次に、電子線照射装置を用いて、pコンタクト層107及びpクラッド層106に一様に電子線を照射し、低抵抗の多層構造のウエハを形成することができた。

【0024】次に、スパッタリングによりSiO<sub>2</sub>層を形成し、そのSiO<sub>2</sub>上にフォトレジストを塗布し、フォトリソ

グラフを行った。次にn層103に対する電極形成部位フォトレジストを除去し、フォトレジストによって覆われていないSiO<sub>2</sub>層をフッ化水素酸系エッチング液で除去した。

【0025】次に、フォトレジスト及びSiO<sub>2</sub>層によって覆われていない部位のpコンタクト層107、pクラッド層106、活性層105、nクラッド層104及びn層103の一部を真空度0.04Torr、高周波電力0.44W/cm<sup>2</sup>、Cl<sub>2</sub>ガスを10ml/minの割合で供給しドライエッチングし、その後Arでドライエッチングした。この工程で、n層103に対する電極取り出しのための領域が形成された。

【0026】次に、ニッケル(Ni)を蒸着してpコンタクト層107の上に電極108Aを形成した。一方、n層103に対しては、アルミニウム(Al)を蒸着して電極108Bを形成した。

【0027】このようにして得られた発光ダイオード100は、クラックの発生が抑えられ、従来のクラッド層が単層の発光ダイオードに比較し、高出力の発光ダイオードが得られた。

【0028】(第2実施例)図2は、本発明の具体的な実施例に係るレーザダイオード200の構成を示した断面図である。レーザダイオード200は、サファイア基板201を有しており、そのサファイア基板201上に膜厚50nmのAlNバッファ層202が形成されている。

【0029】そのバッファ層202の上には、順に、膜厚約4.0μm、シリコン(Si)濃度5×10<sup>18</sup>/cm<sup>3</sup>、シリコン(Si)ドープGaNから成るn層203が形成されている。n層203の上には膜厚約1.4μmの多層構造から成るnクラッド層204が形成されている。nクラッド層204は、シリコン(Si)濃度5×10<sup>18</sup>/cm<sup>3</sup>、膜厚50nmのシリコン(Si)ドープAl<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N層20層、シリコン(Si)濃度5×10<sup>18</sup>/cm<sup>3</sup>、膜厚20nmのシリコン(Si)ドープGa<sub>0.99</sub>In<sub>0.01</sub>N層を19層、交互に積層したものである。

【0030】多層構造から成るnクラッド層204の上には、総膜厚約120nmの多層構造から成るnガイド層205が形成されている。nガイド層205は、シリコン(Si)濃度1×10<sup>18</sup>/cm<sup>3</sup>、膜厚50nmのシリコン(Si)ドープAl<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N層2層の間に、シリコン(Si)濃度1×10<sup>18</sup>/cm<sup>3</sup>、膜厚20nmのシリコン(Si)ドープGa<sub>0.99</sub>In<sub>0.01</sub>N層を挿入したものである。

【0031】多層構造から成るnガイド層205の上には、膜厚約3nmのGa<sub>0.98</sub>In<sub>0.02</sub>Nから成る井戸層と膜厚約5nmのAl<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>から成るバリア層とが交互に積層された多重量子井戸構造(MQW)の活性層206が形成されている。井戸層は4層、バリア層は3層である。多重量子井戸構造(MQW)の活性層206の上には、総膜厚約120nmの多層構造のpガイド層207が形成されている。pガイド層207は、マグネシウム(Mg)濃度7×10<sup>19</sup>/cm<sup>3</sup>、膜厚50nmのマグネシウム(Mg)ドープGa<sub>0.99</sub>In<sub>0.01</sub>N層

2層の間に、マグネシウム(Mg)濃度7×10<sup>19</sup>/cm<sup>3</sup>、膜厚20nmのマグネシウム(Mg)ドープGa<sub>0.99</sub>In<sub>0.01</sub>N層を挿入したものである。

【0032】多層構造から成るpガイド層207の上には、総膜厚約1.4μmの多層構造から成るpクラッド層208が形成されている。pクラッド層208は、マグネシウム(Mg)濃度7×10<sup>19</sup>/cm<sup>3</sup>、膜厚50nmのマグネシウム(Mg)ドープAl<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N層を20層、マグネシウム(Mg)濃度7×10<sup>19</sup>/cm<sup>3</sup>、膜厚20nmのマグネシウム(Mg)ドープGa<sub>0.99</sub>In<sub>0.01</sub>N層を19層、交互に積層したものである。多層構造から成るpクラッド層208の上には、膜厚200nm、マグネシウム(Mg)濃度1×10<sup>20</sup>/cm<sup>3</sup>、マグネシウム(Mg)ドープGaNから成るpコンタクト層209が形成されている。そして、pコンタクト層209上にNi電極210Aが形成されている。又、n層3上にはAlから成る電極210Bが形成されている。

【0033】次に、この構造の発光素子(半導体レーザ)の製造方法について説明する。上記発光素子200は、有機金属化合物気相成長法(以下「MOVPE」と示す)による気相成長により製造された。

【0034】まず、有機洗浄及び熱処理により洗浄したa面を正面とし、単結晶のサファイア基板201をMOVPE装置の反応室に載置されたサセプタに装着する。次に、常圧でH<sub>2</sub>を流速10L/minで約30分反応室に流しながら温度1100°Cでサファイア基板201をベーキングした。

【0035】次に、温度を400°Cまで低下させて、H<sub>2</sub>を10L/min、NH<sub>3</sub>を10L/min、TMAを20μmol/minで約90秒間供給してAlNのバッファ層202を約50nmの厚さに形成した。次に、サファイア基板201の温度を1150°Cに保持し、H<sub>2</sub>を10L/min、NH<sub>3</sub>を10L/min、TMGを200μmol/min、H<sub>2</sub>ガスにて0.86ppmに希釈されたシラン(SiH<sub>4</sub>)を20nmol/minで導入し、膜厚約4.0μm、シリコン(Si)濃度5×10<sup>18</sup>/cm<sup>3</sup>、シリコン(Si)ドープGaNからなるn層203を形成した。

【0036】上記のn層203を形成した後、N<sub>2</sub>又はH<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>、TMA、TMG及びシラン(SiH<sub>4</sub>)を供給して、膜厚約50nmのAl<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nから成る層を形成した。次に、N<sub>2</sub>又はH<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>、TMG、TMI及びシラン(SiH<sub>4</sub>)を供給して、膜厚約50nmのAl<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nから成る層を形成した。次に、N<sub>2</sub>又はH<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>、TMG、TMI及びシラン(SiH<sub>4</sub>)を供給して、膜厚約20nmのGa<sub>0.99</sub>In<sub>0.01</sub>Nから成る層を形成した。これを同一条件で各々20層及び19層積層し、総膜厚約1.4μmの多層構造のnクラッド層204を形成した。

【0037】次にN<sub>2</sub>又はH<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>、TMA、TMG及びシラン(SiH<sub>4</sub>)を供給して、膜厚約50nmのAl<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nから成る層を形成した。次に、N<sub>2</sub>又はH<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>、TMG、TMI及びシラン(SiH<sub>4</sub>)を供給して、膜厚約20nmのGa<sub>0.99</sub>In<sub>0.01</sub>Nから成る層を形成した。更に膜厚約50nmのAl<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nから成る層を形成し、総膜厚約120nmの多層構造のnガイド層205を形成した。

【0038】次に、N<sub>2</sub>又はH<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>、TMG、TMIを供給し

て、膜厚約3nmの $Ge_{0.98}In_{0.02}N$ から成る井戸層を形成した。次に、 $N_2$ 又は $H_2$ 、 $NH_3$ 、 $TMG$ 、 $TMA$ を供給して、膜厚約5nmの $Al_{0.05}Ge_{0.95}N$ から成るバリア層を形成した。さらに、井戸層とバリア層とを同一条件で形成し、最後に膜厚約3nmの $Ge_{0.98}In_{0.02}N$ から成る井戸層を形成した。このようにして、井戸層4層、バリア層3層から成るMQW構造の活性層206を形成した。

【0039】次に $N_2$ 又は $H_2$ 、 $NH_3$ 、 $TMA$ 、 $TMG$ 及び $CP_2Mg$ を供給して、膜厚約50nmの $Al_{0.1}Ge_{0.9}N$ から成る層を形成した。次に、 $N_2$ 又は $H_2$ 、 $NH_3$ 、 $TMG$ 、 $TMA$ 及び $CP_2Mg$ を供給して、膜厚約20nmの $Ge_{0.99}In_{0.01}N$ から成る層を形成した。更に膜厚約50nmの $Al_{0.1}Ge_{0.9}N$ から成る層を形成し、総膜厚約120nmの多層構造のpガイド層207を形成した。次に、 $N_2$ 又は $H_2$ 、 $NH_3$ 、 $TMA$ 、 $TMG$ 及び $CP_2Mg$ を供給して、膜厚約50nmの $Al_{0.2}Ge_{0.8}N$ から成る層を形成した。次に、 $N_2$ 又は $H_2$ 、 $NH_3$ 、 $TMG$ 、 $TMI$ 及び $CP_2Mg$ を供給して、膜厚約20nmの $Ge_{0.99}In_{0.01}N$ から成る層を形成した。これを同一条件で各々20層及び19層積層し、総膜厚約1.4μmの多層構造のpクラッド層208を形成した。

【0040】次に、温度を110°Cに保持し、 $N_2$ 又は $H_2$ を10L/min、 $NH_3$ を10L/min、 $TMG$ を50μmol/min、 $CP_2Mg$ を0.15μmol/minで導入して、マグネシウム(Mg)がドーピングされた、膜厚約200nmのマグネシウム(Mg)ドープのGaNからなるpコンタクト層209を形成した。

【0041】次に、電子線照射装置を用いて、pコンタクト層209、pクラッド層208及びpガイド層207に一様に電子線を照射し、低抵抗の多層構造のウエハを形成することができた。

【0042】次に、スパッタリングにより $SiO_2$ 層を形成し、その $SiO_2$ 上にフォトレジストを塗布し、フォトリソグラフを行った。次にn層203に対する電極形成部フォトレジストを除去し、フォトレジストによって覆われていない $SiO_2$ 層をフッ化水素酸系エッチング液で除去した。

【0043】次に、フォトレジスト及び $SiO_2$ 層によって覆われていない部位のpコンタクト層209、pクラッド層208、pガイド層207、活性層206、nガイド層205、nクラッド層204及びn層203の一部を真空中0.04Torr、高周波電力0.44W/cm<sup>2</sup>、 $Cl_2$ ガスを10nL/minの割合で供給しドライエッチングし、その後Arでドライエッチングした。この工程で、n層203に対する電極取り出しのための領域が形成された。

【0044】次に、ニッケル(Ni)を蒸着してpコンタクト層209の上に電極210Aを形成した。一方、n層203に対しては、アルミニウム(Al)を蒸着して電極210Bを形成した。

【0045】次に、共振器端面を形成するためドライエッティングを行った。その後、スクライビングしてクライオ溝を形成し、共振器の端面に平行なx軸方向にダイシングして、短冊片を得た。このようにして得たレーザ

イオード200は、駆動電流は50mAにて発光出力10mW、発振ピーク波長410nmであった。このレーザダイオード200は、クラックの発生が抑えられ、従来のクラッド層及びガイド層が単層のレーザーに比較し、高出力のレーザダイオードが得られた。

【0046】上記実施例では有機金属気相成長法(MOCVD)により発光素子を製造したが、半導体層を形成する方法としては、分子線気相成長法(MBE)、ハライド気相成長法(Halide VPE)等を用いても良い。

【0047】上記実施例では発光層がMQWのレーザダイオードを一例としてあげたが、発光素子の構造はこれに限定されない。発光素子の構造としては、ホモ構造、ヘテロ構造、ダブルヘテロ構造のものが考えられる。これらは、p in 接合或いはp n接合等により形成することもできる。発光層の構造としては、単一量子井戸構造(SQW)のものであっても良い。

【0048】III族窒化物系化合物半導体を形成させる基板としては、サファイアの他、シリコン(Si)、炭化ケイ素(SiC)、スピネル( $MgAl_2O_4$ )、 $ZnO$ 、 $MgO$ 、あるいは窒化ガリウム(GaN)その他のIII族窒化物系化合物半導体等を用いることができる。サファイア基板上にIII族窒化物系化合物半導体を結晶性良く形成させるため、サファイア基板との格子不整合を是正すべくバッファ層を形成したが、他の基板を使用する場合もバッファ層を設けることが望ましい。バッファ層としては、低温で形成させたIII族窒化物系化合物半導体 $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ (0≤x≤1, 0≤y≤1, 0≤x+y≤1)、よりよしまくは $Al_xGa_{1-x}N$ (0≤x≤1)が用いられる。

【0049】III族窒化物系化合物半導体のIII族元素の組成の一部は、ボロン(B)、タリウム(Tl)で置き換えて、また、窒素(N)の組成一部をリン(P)、ヒ素(As)、アンチモン(Sb)、ビスマス(Bi)で置き換えて本発明を実質的に適用できる。なほ、発光素子として構成する場合は、本来III族窒化物系化合物半導体の2元系、若しくは3元系を用いることが望ましい。

【0050】上記実施例において、クラッド層204若しくは206又は204又若しくは208、ガイド層205若しくは207の多層構造の各単位層、MQW構造の発光層の井戸層及び障壁層におけるIII族窒化物系化合物半導体の組成比は各々が一例であって、任意の一般式 $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ (0≤x≤1, 0≤y≤1, 0≤x+y≤1)を用いても良い。その場合は各層においてアルミニウム組成x、ガリウム組成y、インジウム組成1-x-yが異なっても良い。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の具体的な一実施例にかかる発光ダイオード100の構造を示す断面図。

【図2】 本発明の具体的な一実施例にかかるレーザダイオード200の構造を示す断面図。

【図3】 従来の発光ダイオード900の構造を示す断

面図。

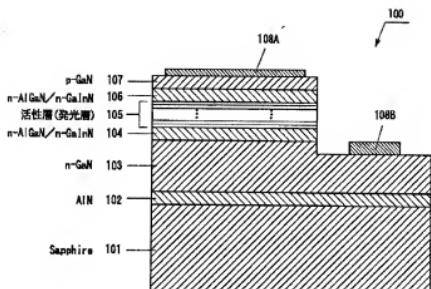
## 【符号の説明】

100 発光ダイオード  
 101、201 サファイア基板  
 102、202 パッファ層  
 103、203 n層  
 104、204 多層構造nクラッド層

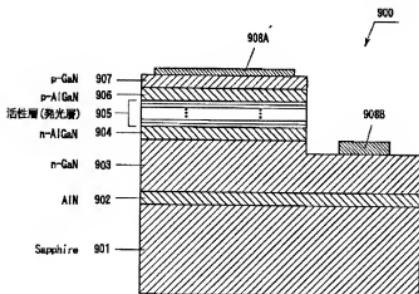
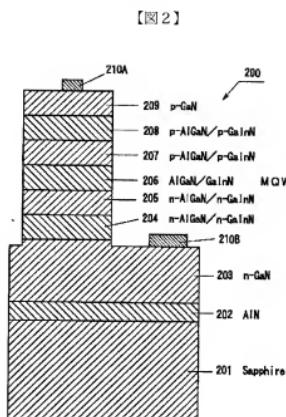
105、206 MQW構造の発光層

106、208 多層構造pクラッド層  
 107、209 pコンタクト層  
 108A、108B、210A、210B 金属電極  
 200 レーザダイオード  
 205 多層構造nガイド層  
 207 多層構造pガイド層

【図1】



【図3】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5F041 AA40 CA05 CA34 CA40 CA46  
 CA49 CA57 CA65 CA74 CA83  
 5F073 AA74 CA07 CB05 CB07 DA05  
 DA24 DA31 EA07 EA24 EA29

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第7部門第2区分

【発行日】平成18年1月2日(2006.1.2)

【公開番号】特開2001-168385(P2001-168385A)

【公開日】平成13年6月22日(2001.6.22)

【出願番号】特願平11-346445

【国際特許分類】

H01L 33/00 (2006.01)

H01S 5/323 (2006.01)

【F11】

H01L 33/00 C

H01S 5/323

【手続補正書】

【提出日】平成18年9月15日(2006.9.15)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 III族窒化物系化合物半導体素子において、

$Al_xGa_{1-x}N$  ( $0 < x < 1$ ) と、 $Ga_yIn_{1-y}N$  ( $0 < y < 1$ ) とを各々3層以上有し、

前記 $Ga_yIn_{1-y}N$  ( $0 < y < 1$ ) から成る層の厚さは15nm以上30nm以下であることを特徴とするIII族窒化物系化合物半導体素子。

【請求項2】 請求項1に記載のIII族窒化物系化合物半導体素子を発光素子としたことを特徴とするIII族窒化物系化合物半導体発光素子。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記の課題を解決するため請求項1に記載の手段によれば、III族窒化物系化合物半導体素子において、 $Al_xGa_{1-x}N$  ( $0 < x < 1$ ) と、 $Ga_yIn_{1-y}N$  ( $0 < y < 1$ ) とを各々3層以上有し、 $Ga_yIn_{1-y}N$  ( $0 < y < 1$ ) から成る層の厚さは15nm以上30nm以下であることを特徴とする。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】削除

【補正の内容】

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0009】

また、請求項2に記載の手段によれば、請求項1に記載のIII族窒化物系化合物半導体

素子を発光素子としたIII族窒化物系化合物半導体発光素子である。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0010

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0010】

【作用及び発明の効果】

III族窒化物系化合物半導体素子において、広いバンドギャップを要求される層には $Al_xGa_{1-x}N$  ( $0 < x < 1$ ) が求められる。そこで $Al_xGa_{1-x}N$  ( $0 < x < 1$ ) と $Ga_yIn_{1-y}N$  ( $0 < y < 1$ ) との多層構造を形成すれば、 $Al_xGa_{1-x}N$  ( $0 < x < 1$ ) の広いバンドギャップを有し、且つ全体として弾性定数を小さい層とすることができます。よって、製造時、使用時の温度変化等によるクラックの発生を抑えることができる。これは $Al_xGa_{1-x}N$  ( $0 < x < 1$ ) のアルミニウム組成xの高い層において特に顕著であり、複数の $Al_xGa_{1-x}N$  ( $0 < x < 1$ ) 層を形成することで、III族窒化物系化合物半導体素子全体の特性設計、特に発光層の設計 ( $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$  の組成) をより柔軟に行なうことができる。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0011】

$Ga_yIn_{1-y}N$  ( $0 < y < 1$ ) から成る層の厚さを15nm以上30nm以下とすることにより、広いバンドギャップを要求される層としての機能を維持するとともにクラックの発生をほぼ完全に抑えることができる (以上、請求項1)。なお、15nm未満の厚さでは、 $Ga_yIn_{1-y}N$  ( $0 < y < 1$ ) から成る層による、 $Al_xGa_{1-x}N$  ( $0 < x < 1$ ) 層との多層の弾性定数の低減の効果が十分でなく、30nmを超えると広いバンドギャップを要求される層としての機能が低下してしまう。

このような素子はレーザダイオード、発光ダイオードなどの発光素子として有用である (請求項2)。